ENSC 405

Plateau de Prandtl
Tabouret

Grand gyroscope

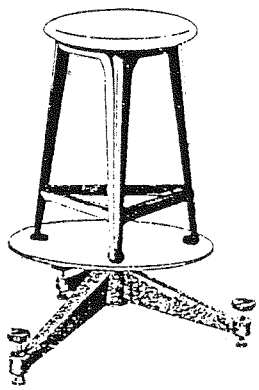
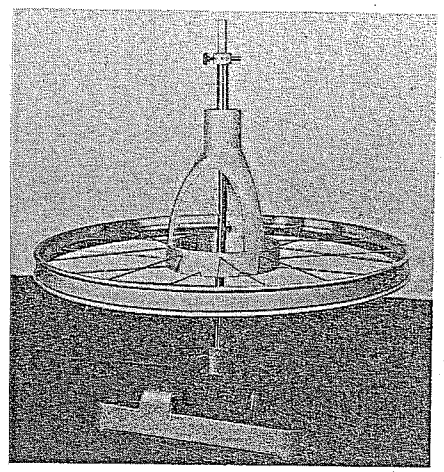


Fig. 1



Le grand gyroscope sert à l'explication de toutes les lois emportantes du gyroscope et à interprétation des mouvements rotatoirs sur le gyroscope (p. ex. le gyroscope sollicités par aucune force).

1. Description

Notre appareil est constitué par une roue, dont le poids est faible, mais le moment d'inertie assez grand. Le moyeu de cette roue, qui ressemble fort à une simple roue de bicyclette, s'évase en entonnoir et renferme un roulement à billes. Grâce à ce dispositif, on peut déplacer le centre de gravité du gyroscope. Le gyroscope peut reposer sur un point d'appui se trouvant au-dessus ou au-dessous de son centre de gravité ou encore coïncidant avec lui: seule cette possibilité de déplacer le point d'appui rend un gyroscope utilisable pour mettre en évidence les principales lois gyroscopiques.

L'appareil est livré avec une tige de 50 cm pour exécuter des expériences avec le gyroscope tenu à la main. Cette tige peut être remplacée par une autre plus courte terminée en pointe à une extrémité et coulissant librement dans le moyeu, dans lequel elle peut être immobilisée à la hauteur désirée par une vis radiale à tête moletée. Une troisième tige, courte également et pourvue à une extrémité d'un évidement en cuvette, jouant le rôle de crapaudine, est montée dans le robuste pied en V, fourni comme les deux autres tiges avec le gyroscope. La crapaudine de cette troisième tige est destinée à recevoir la pointe-pivot de la tige, servant d'axe au gyroscope.

Pour faire des expériences avec diverses positions de point d'appui par rapport au centre de gravité, il suffit de faire coulisser — après avoir desserré la vis radiale à tête moletée, — gyroscope en marche, la tige-pivot dans le moyeu. Dans une telle expérience, le frottement résultant normalement de la rotation autour de la pointe est presque négligeable, puisqu'il n'intéresse que le roulement à billes.

2. Lancement du gyroscope

Pour les démonstrations, on lance d'abord le gyroscope en le tenant de la main gauche par la partie supérieure de la tige-pivot et en tirant puissamment avec la main droite sur un des rayons. On n'a plus ensuite qu'à poser la pointe dans la crapaudine de la tige-support dressée sur le pied, ce qu'on réussira facilement après quelque exercice.

Le gyroscope peut en outre être lancé en position horizontale à l'aide d'un cordon (par ex. le fil de nylon 309 49), enroulé autour de l'axe, et cela en appliquant divers moments de couple constants, suivant le diamètre choisi sur l'axe par l'enroulement du cordon et les poids tracteurs dont ce cordon est lesté.

3. Expériences

Expériences avec le gyroscope sollicité par aucune force

Monter la tige-pivot en la fixant de façon que la marque circulaire arrive juste au-dessus du bord supérieur du moyeu. Dans cette position, le centre de gravité du gyroscope coïncide avec le point d'appui, c.-à-d. que l'appareil doit se trouver en équilibre indifférent, ce dont on peut se convaincre, après quelques légères corrections, en plaçant l'appareil, non animé d'un mouvement de rotation, sur la crapaudine de la tige-support. Dans ce réglage, l'axe du gyroscope animé d'un moment de rotation reste, lorsqu'on ne lui donne aucune impulsion rotatoire supplémentaire en le plaçant sur la crapaudine, absolument au repos dans l'espace, du fait qu'aucune force ne s'exerce sur lui.

Remarques

1. Les numéros à 5 chiffres entre parenthèses sont les numéros de catalogue des dits appareils.
2. Les indications et reproductions sont données sans engagement de notre part vu que nous nous efforçons de perfectionner nos appareils en faisant profiter notre production des plus récentes connaissances scientifiques et techniques.

Si l'on donne maintenant une poussée à l'axe du gyroscope reposant sur la crapaudine et tournant tranquillement autour de son «axe de figure» (ou axe du moment maximum d'inertie, donc la tige traversant le moyeu), cette poussée imprime au gyroscope une autre quantité de mouvement angulaire, qui lui fait exécuter un mouvement tournant supplémentaire, dit de «nutation». Ce mouvement permet de montrer que l'axe de figure et l'axe de rotation instantané (c.-à-d. l'axe autour duquel le gyroscope tourne durant un moment quelconque) tournent autour de l'axe d'impulsion rotatoire (c.-à-d. la direction de la quantité de mouvement angulaire). Si l'on fixe, p. ex. sur le flasque supérieur du moyeu, un disque de papier ou de carton, sur lequel on colle du papier de journal, on peut observer l'axe de rotation instantané ou celui de l'impulsion rotatoire. On peut reconnaître le point de percée de l'axe de rotation instantané au fait que l'on peut distinguer les divers caractères d'imprimerie, tandis qu'ils se fondent ailleurs en un ton gris avec le blanc du papier les entourant. L'axe de rotation instantané se déplace sur un cercle autour de l'axe de l'impulsion rotatoire.

Expériences avec le gyroscope influencé par des moments de couple

Si l'on recommence l'expérience avec le gyroscope, tournant cette fois sans être influencé par une force quelconque et sans nutation, on peut alors montrer que tout couple exercé verticalement produit une déviation verticale de l'axe de rotation. Si l'on veut que de tels couples s'exercent en permanence sur le gyroscope, le plus simple est d'utiliser comme force le poids du gyroscope lui-même et comme bras de levier un petit déplacement du point d'appui, de façon qu'il ne coïncide plus avec le centre de gravité; il suffit pour cela d'opérer comme suit: on desserre, gyroscope tournant, la vis moletée d'arrêt du moyeu et fait coulisser, dans un sens ou l'autre, la tige-pivot. Il est facile de régler le gyroscope de façon qu'il tourne pratiquement sans nutation. Il exécute de nouveau des mouvements de rotation sur une surface conique: c'est «la précession».

Plus il tourne vite, plus les mouvements de précession sont lents, parce que la vitesse angulaire de la précession est inversement proportionnelle à celle du mouvement de rotation. La vitesse angulaire de la précession est en outre proportionnelle au moment de couple agissant, ce qu'on peut vérifier en déplaçant à diverses reprises le point d'appui. Le sens de rotation de la précession varie également chaque fois que le point d'appui passe d'un côté ou de l'autre du centre de gravité, et cela en faisant coulisser la tige-pivot vers le haut ou vers le bas. On peut prévoir le sens de rotation de la précession du gyroscope en lui appliquant avec une tige des moments de couple correspondants.

Un gyroscope ne reposant pas exactement sur son centre de gravité peut exécuter en même temps des nutations et des précessions, c.-à-d. produire des formes de mouvement très compliquées.

Autres expériences

Si l'on monte le gyroscope sur la tige de 50 cm, on peut réaliser une série d'autres expériences très importantes. On ne manquera pas de mettre le gyroscope en mouvement dans la main des élèves, afin qu'ils se rendent compte directement de la force exercée par l'appareil pour conserver sa position verticale, c.-à-d. pour s'opposer à tout moment de couple.

En combinaison avec le plateau tournant (331 66), on peut démontrer, de façon suggestive, le principe de la conservation de la quantité de mouvement de rotation. Si l'on s'assied sur le tabouret (331 69) placé sur le plateau tournant et si l'on prend, en le tenant verticalement par son axe, le gyroscope animé d'un mouvement rapide de rotation, rien ne se passe; mais si l'on tourne le gyroscope de 180°, le plateau reçoit une quantité de mouvement de rotation, et se met à tourner. Cette quantité de mouvement de rotation, fournie par le gyroscope, est deux fois plus grande que celle qu'il produit freiné en position verticale.

On peut encore employer l'appareil pour montrer le principe du gyrocompas. On saisit le gyroscope animé d'un mouvement rapide de rotation aussi près que possible du centre de gravité: le gyroscope tend alors de se placer perpendiculairement à son axe de rotation si l'on se tourne soi-même d'une façon aussi uniforme que possible. Cette expérience se fait également de préférence avec le plateau tournant (331 66). Dans cette expérience, le plateau joue le rôle de la terre tournant sur elle-même.

Printed in Germany

Drehscheibe nach Prandtl Schemel

Prandtl's rotatable disc Stool

Plateau de Prandtl Tabouret

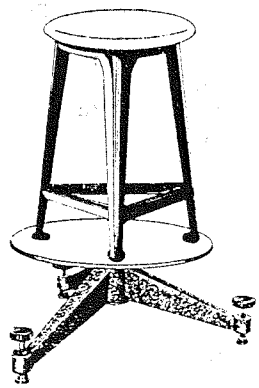


Fig. 1

Le plateau tournant, construit sur les données de Prandtl, permet de réaliser des expériences à la fois suggestives et variées sur le mouvement de rotation. Il peut être en outre employé comme support tournant pour divers montages.

1. Description

Le **plateau tournant** (331 66) est constitué par un disque de 450 mm de diamètre reposant sur un trépied stable et robuste et pouvant tourner autour de son axe vertical, monté sur roulements à billes. Le trépied est pourvu de vis calantes permettant de régler le plateau exactement à l'horizontale, en se servant pour cela du niveau à bulle d'air (361 03). On peut aussi effectuer ce réglage à l'aide d'un contrepoids — par exemple une masse de 5 kg — disposé excentriquement: le système est parfaitement en place lorsque le plateau tournant ne se déplace plus.

On fera bien de fixer le tabouret employé sur le plateau, ce qui permet d'exécuter de nombreuses expériences assis, donc sans risquer de perdre l'équilibre. Pour fixer le tabouret 3 vis avec écrous sont livrés avec l'appareil.

Remarques

1. Les numéros à 5 chiffres entre parenthèses sont les numéros de catalogue des dits appareils.
2. Les indications et reproductions sont données sans engagement de notre part vu que nous nous efforçons de perfectionner nos appareils en faisant profiter notre production des plus récentes connaissances scientifiques et techniques.

LEYBOLD-HERAEUS GI

Le **tabouret** (331 69) est constitué par un siège en bois de 40 cm de diamètre fixé sur trois pieds en métal.

Lorsque le plateau et le tabouret sont commandés ensemble les pieds du tabouret et le plateau sont, lors de la livraison, percés de 3 trous pour les assembler.

2. Expériences

Le principal avantage des expériences avec le plateau tournant réside dans ce que l'élève participe directement aux expériences qu'il exécute en devenant lui-même sujet. On peut utiliser avec profit ces données directes de l'expérience vécue pour expliquer de façon suggestive les notions de vitesses angulaire et circonférentielle, les accélérations angulaire et radiale, les moments de rotation et d'inertie.

Nous allons décrire succinctement quelques expériences sur le maintien du vecteur de moment cinétique.

Fig. 2

a) Une personne qu'on fait tourner assise sur le tabouret voit sa vitesse angulaire diminuer à l'instant où elle augmente son moment d'inertie, par exemple en étendant les bras. L'effet sera plus sensible encore si la personne tient à bout de bras — ou dans chaque main — des poids de quelque 2 kilos. On commence toujours ce genre d'expériences avec un moment d'inertie réduit (les mains posées sur les genoux), sinon l'augmentation brusque de la vitesse angulaire pourrait gêner — étourdir — le sujet.

b) Particulièrement suggestives sont les expériences exécutées en faisant tenir au sujet un gyroscope (348 18) (voir fig. 2).

Si l'on imprime une impulsion rotatoire au gyroscope, tenu verticalement suivant son axe par le sujet assis, le plateau étant immobile, ce dernier se met à tourner avec la même impulsion ou quantité de mouvement angulaire, mais dans la direction opposée. La vitesse angulaire du sujet assis sur le tabouret est naturellement, en raison du moment d'inertie plus grand, plus petite que celle du gyroscope. Si maintenant on arrête ce dernier, le plateau s'arrête en même temps; les deux mouvements de rotation sont donc étroitement liés.

Si l'expérience est faite avec le gyroscope tenu horizontalement suivant son axe par le sujet assis, celui-ci reste immobile malgré le mouvement rotatoire du gyroscope étant donné que le plateau ne peut tourner qu'autour d'un axe vertical.

Les différentes positions de l'axe du gyroscope, intermédiaires entre l'horizontale et la verticale, communiquent au sujet une impulsion chaque fois quantitativement égale à celle de la composante verticale.

c) Si le sujet assis sur le tabouret reçoit le gyroscope, déjà animé d'un mouvement de rotation et présenté suivant la position verticale de son axe, le plateau reste immobile. Si maintenant on tourne le gyroscope de 180°, le plateau reçoit la double impulsion du gyroscope. En remettant le gyroscope dans sa position primitive, le plateau revient au repos.

d) Si le sujet assis sur le tabouret immobile fait maintenant décrire à un bras, en tenant de préférence en main un marteau à long manche ou un objet pesant quelconque, un mouvement de direction circulaire dans le plan horizontal, il pivote alors sur lui-même d'une fraction de tour dans le sens opposé au mouvement du bras et seulement pendant ce mouvement. Si le retour à la position primitive du bras se fait dans le plan horizontal, l'impulsion est annulée et le sujet revient à sa position initiale. Si au contraire, pour revenir à sa position primitive, le sujet abaisse le bras d'abord, donc en le mettant à la verticale, il reste alors immobilisé dans sa nouvelle position et il peut, en répétant le mouvement de son bras, prolonger indéfiniment par fractions de tour son mouvement de rotation autour de son axe.

e) Si le sujet essaie, pendant sa rotation, de soulever, pour le porter en avant suivant un plan vertical, un poids d'environ 2 kilos, ce poids est attiré latéralement par une grande force, la «force de Coriolis». Ces forces apparaissant dans des systèmes de référence animés d'un mouvement de rotation, et par conséquent accélérés, peuvent être démontrées sous diverses formes avec le plateau tournant.

On trouvera les expériences ci-dessus décrites et d'autres avec le plateau tournant dans les ouvrages suivants: L. Bergmann und Cl. Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik, Volume I, et R. W. Pohl, Einführung in die Mechanik und Wärmelehre.